

解 説

日本画像学会関連技術のこの10年の歩み
—インクジェット技術—インクジェット技術部会
主査 藤井 雅彦*

(2018.4.10 受理)

Progress of Imaging Technology related to ISJ for the Last Ten Years
—Inkjet Technology—Technical Committee on Inkjet Technology
Chief Masahiko FUJII*

Technology evolutions of Ink Jet and market changes for this decade are explained. In this decade, Ink Jet technology applicable markets have been drastically altered. We can see both technology evolutions motivating changing markets and evolutions replying requests from market changes. At any hand, it's thought there are transition of mainly used media from paper to various media including non-permeable media, value change of prints in the market and massive different of productivities behind these technology evolutions.

As a configuration of Ink Jet technology evolution, after a concentrating functions progress where performance increases of each elemental component contributes system performance upgrade, a sharing functions progress has occurred where surrounding technologies share the serious issues to challenge high targets. And new evolution axes differing from exiting axes (image quality, printing speed) have been required in a concentrating functions progress.

Keywords: Ink Jet, Technology Evolution, Market Change, Concentrating functions progress, Sharing functions progress

この10年のインクジェット技術進化と市場変化について解説する。この10年でインクジェット市場が大きく変化する中、市場変化を起こすきっかけとなる技術進化と、市場変化からの要求に応える技術進化がある。いずれにせよ、紙媒体を対象にしてきた市場から、非浸透メディアを含む多様なメディアへの変化、プリント物の価値変化、圧倒的な生産性の違いへの対応などが技術進化の背景になっている。

技術進化形態も、基本構成要素の進化によってシステム全体の性能を向上させてきた機能集中型進化に続き、周辺技術に課題を分担させて大きな目標に挑む機能分担型進化が起きている。また、機能集中型進化においても、従来の画質、速度とは異なる価値軸（要求軸）が求められており、技術の進化もこれらの要求に対応してきている。

キーワード: インクジェット、技術進化、市場変化、機能集中型、機能分担型

1. はじめに

日本画像学会が創立60年を迎える2018年は、インクジェットにとって記念すべき年である。世界最初のインクジェット

プリンタ Videojet 9600 が1968年にA.B. Dick社から発売されて50年になる¹⁾。過去のインクジェット製品動向や技術動向をまとめるには区切りの良い年ではあるが、日本画像学会創立50年の2008年に、インクジェット技術の歴史を詳細に振り返るとともに技術進展をまとめ、さらに将来に向けたインクジェット技術の展開についても見通しを述べている²⁾。その後の学会誌においても、市場に導入されたインクジェット技術についてその背景や目的とともに解説を加えている^{3,4)}。そこで本稿では2008年以降の10年間におけるインクジェット技術の特徴ある進化や、市場の変化について解説する。また10年前の展

* 一般社団法人 日本画像学会 技術委員会

〒164-8678 東京都中野区本町2-9-5 東京工芸大学内

* Technical Committee, The Imaging Society of Japan
c/o Tokyo Polytechnic University, 2-9-5, Honcho Nakano-ku Tokyo
164-8678, Japan

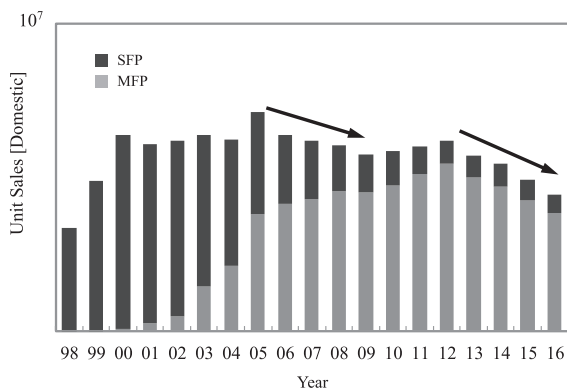


Fig. 1 Unit sales of ink jet printer in Japan.

(Estimated by disclosed data from research outfits. [IDC, Gartner, BCN, etc])

開見通しをレビューし、さらなる10年を考えてみる。

2. インクジェット技術進化と市場変化

インクジェットの技術進化と市場変化の関係は、鶏と卵の関係でも見られる因果性のジレンマを備えている。すなわち技術の進化が適用市場拡大や新規市場の獲得に貢献したと考えることができる一方、市場の変化に伴う要求から技術が進化した側面もある。

全ての技術進化をこの考えに基づいて分析することは出来ないが、この10年に限って言えばインクの技術進化がインクジェット適用市場の拡大をもたらした。プリンティング市場変化にインクジェットのプリントヘッド技術が対応してきた構図で考えるとわかりやすい。ここでは現実として起きた市場変化の中で、インクとプリントヘッド、メディアの技術進化を中心に考えてみる。

2.1 市場の変化

インクジェットにとって大きな市場であるパーソナルプリンタは、2008年には既に国内販売台数の減少が始まっていた(Fig. 1)。その後いったん増加するが現在再び縮小傾向にある。50周年の解説記事にも記載したとおり、パーソナルプリンタにおける主要仕様(画質、プリント速度)、およびそれを支えるプリンタ構成要素(インク、プリントヘッド、メディア)の基本性能進化が2005年頃に飽和し、購買意欲を高める魅力的な新規機能も少なくなっていた。加えてデジタルカメラ、スマートフォンの普及やSNSによる空間を越えた画像共有にともなう写真プリント需要の減少も、パーソナルプリンタ市場縮小の一因としてある。

パーソナルプリンタに代わりこの10年でインクジェット技術の適用先として大きく期待されてきたのは産業向けプリント市場(ラベル、軟包、テキスタイル、建材など)、あるいは商用印刷を含むプロクシオンプリント市場である。この10年でパーソナル市場から撤退するプレイヤーがある一方、産業市場、プロダクション市場には今なお多くのプレイヤーが参入を続けている。これらの市場が環境や小部数化への対応のために、デジタル化(デジタルプリント技術の導入)を図ることが急務であ

った背景もあるだろう。4年に一度デュッセルドルフで開催される世界最大の印刷関連展示会である drupa において、2008年は「Inkjet drupa」、2012年も「All Digital drupa」と呼ばれたことからこの市場でのインクジェットへの注目、期待の大きさを推し量ることができる。

これら市場と従来のパーソナルプリンタ市場の大きな違いとして、以下の3つを挙げることができる⁵⁾。

1. 圧倒的に高い生産性(プリント速度)
2. プリントされたものを売り物(商材)とする
3. インク浸透性の低い(無い)メディアを含む、メディアの多様性

良し悪しは別としてこの市場では一部のメディアを除き、既存技術(オフセット印刷やスクリーン印刷)が用いてきたメディアをインクジェットも使うことが前提として求められている。つまりこの市場の既存メディア上にきれいな画像を形成することが、この市場への挑戦権を得るための必要条件となる。しかしながらオフセット印刷やスクリーン印刷で使用されている「インキ」をそのままインクジェットプリントヘッドで安定して吐出することは、物性値や組成等の理由から不可能に近い。そこで既存印刷技術が使ってきたメディアに対応できるインクジェット用インク開発が必要になる。

2.2 インク技術

上記観点から言えば2008年以前から徐々に適用市場を広げていた紫外線硬化型インク、2008年以降新しく登場した水性エマルジョンインク(ラテックスインク)がこの挑戦権を得るための有力技術であった。

2000年に初めて登場した紫外線硬化型インクは画像形成原理から非浸透系メディアへの適用性が高く、従来溶剤系インクが使用されてきた用途にVOC(揮発性有機化合物)を発生させないインクとして代替が起こっていた。この10年でさらに活用が進むとともに適用市場も広がり、現在ではオフセット印刷市場向けや⁶⁾軟包装向けプリンタ⁷⁾にも採用されている。技術としてもメディア上での(着弾直後の)ブリーディング防止のため吐出後に急激にゲル化するインク⁸⁾や、酸素阻害による未硬化モノマーの残留を防止するため窒素雰囲気下で硬化させるシステム⁷⁾などさらなる進化を遂げている。硬化後の収縮が少ないことから密着性の高さや臭気の少なさで注目されていたカチオン重合型は、サイン&グラフィック用途から実用化が始まり、徐々に多様な基材へのプリントが必要とされる建材市場等、応用範囲が広がってきている。

水溶性樹脂エマルジョンを含んだいわゆるラテックスインクは、水性インクの持つ環境負荷の小ささを訴求し、2008年にワイドフォーマットプリンタに採用された⁹⁾。プリント面を加熱し主溶媒の水を蒸発させるとともに、樹脂を溶融させメディア密着性を確保するインクコンセプトは、オフセットコート紙を始めとする非浸透メディアへの定着技術としても使われるようになってきており¹⁰⁾、軟包装向けプリンタにも使われてきている¹¹⁾。

2.3 プリントヘッド技術

産業市場、プロダクション市場の高い生産性に対応するためにはラインヘッドの採用が必須となる。Fig. 2はプリント速度

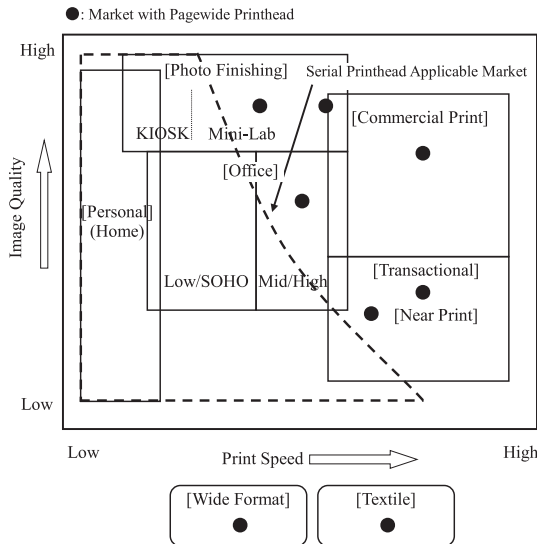
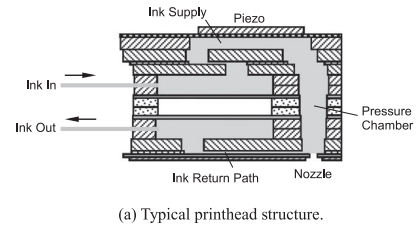


Fig. 2 Market of ink jet printer classified by image quality and print speed.

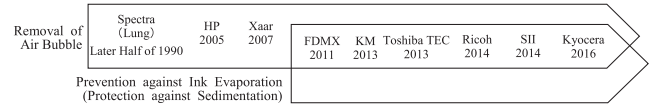
と画質の軸による主なインクジェット市場を示している²⁾ (ワイドフォーマットによるサイン&ディスプレイとテキスタイル市場はこの軸の外に表示した)。破線で囲ったシリアルプリンタ対応可能市場の外側では、現在全ての市場にラインヘッドが採用されている。さらにこれらの市場からはプリント物が商材ゆえ、インクジェットに高い信頼性の要求がある。プリントヘッド技術ではないが、ラインヘッドの採用に伴いワンパスプロセスでのプリントヘッドのインク不吐出やインク吐出方向性不良に起因する欠陥を見せにくくするための欠陥検出技術、補正技術の採用も進んできた¹²⁾。この市場からのもうひとつの大きな要求であるコスト低減にとっても、欠陥を早期に検出して補正し、ヤレを少なくする検出・補正技術は不可欠である。

欠陥検出・補正はプリントヘッドによる欠陥が存在することが前提として採用されている技術、手段であるが、当然プリントヘッドとして欠陥を起しにくくするための技術採用もこの10年で進んできた。その1つがインク循環システムであり³⁾、プリントヘッドとしては循環システムに対応可能な構造である (Fig. 3(a))。インクを循環させることにより吐出欠陥の有力原因となる気泡、あるいは溶存気泡を含んだインクをプリントヘッドの外部に送出し、そこで脱気、あるいは気泡除去を行って再びプリントヘッドに戻す。プリントヘッドにはこの循環システムに対応できるように、インク供給路と帰還路を備えたプリントヘッドが各社から販売されている (Fig. 3(b))³⁾。インク循環は気泡によるトラブルを未然に防止するだけでなく、ノズル近傍に帰還路を設けることでノズルの乾燥防止にも寄与するため、ラインヘッドでのダミーヘッド等のメンテナンス間隔を延ばす効果も期待もできる¹³⁾。

上述した欠陥検出において、これまでは光学的センサやインクラインスキャナを吐出異常やプリント欠陥の検出手段として使用していた。ピエゾインクジェットヘッドを用いたプリントシステムでは欠陥検出方法として、インク滴吐出用駆動後の音響反射波をピエゾの圧電効果を利用して検出し、吐出異常を判断



(a) Typical printhead structure.



(b) Printhead corresponding to ink circulation system.

Fig. 3 Introducing of ink circulation system.

する方法が検討されてきた¹⁴⁾。現在は産業用プリンタのみならず高速オフィス用プリンタにまでこの検出方法が採用され、迅速な欠陥補正が行われている。

プリントヘッドの新しいプレイヤや新規構造、新規方式の提案も続いている。ラインヘッドに特化した新しいサーマルインクジェットプリントヘッドが2011年に memjet 社から登場した。発熱体をインク室中に保持するユニークな構造でノズルの高密度化 (800 npi×2列=1600 npi)、プリントヘッドの小型化を実現している。ラベル市場、オフィス市場から導入が始まり、プロダクション向けプリンタにも採用が検討されている。当初使用できるインクは水性染料インクのみであったが、構造 (発熱体配置) を変更した新しいプリントヘッドは、水性顔料インクにも対応している。

ピエゾインクジェットではピエゾ素子の薄膜化が各社で進められている。2003年にはじめてスパッタリングにより薄膜ピエゾを形成したプリントヘッドが発表されて以降、現在6社が薄膜ピエゾプリントヘッドを発表している。変位が大きく高密度化、小型化、駆動回路の低コスト化に有利であるが、変位力が大きくない。このため現在インクジェット技術が向かっている様々なインクが使用される産業市場向けに、各社がどのように薄膜ピエゾプリントヘッドの特徴を活かしてくるのかまだ明確になっておらず、今後の展開に注目したい。

この10年の中で連続噴射型にも新しい方式が登場した。KodakのStreamとULTRASStreamである (Fig. 4)。これらは連続噴射型で主流である荷電偏向制御型とは液滴分離、偏向制御方法が異なる。ノズルから噴出するインク柱に熱分布を与え、生じる表面張力分布によってインク液滴を分離し (Fig. 4(a))、インク液滴の偏向を空気流により行うのがStream (Fig. 4(b))¹⁵⁾。液滴分離をStreamと同様に表面張力分布で行うが、偏向には従来の荷電偏向制御型と同じ電界中でのクーロン力を利用するのがULTRASStreamである (Fig. 4(c))¹⁶⁾。

プリントヘッド側から新規市場の課題を先取りし、特に産業向けやデジタルファブ리케이션市場への参入挑戦権を得ようとする試みも見られる。例えば高粘度インク吐出や大粒子吐出への挑戦である。オンデマンド型のピエゾインクジェット、サーマルインクジェットは吐出できる液体粘度上限は高くな

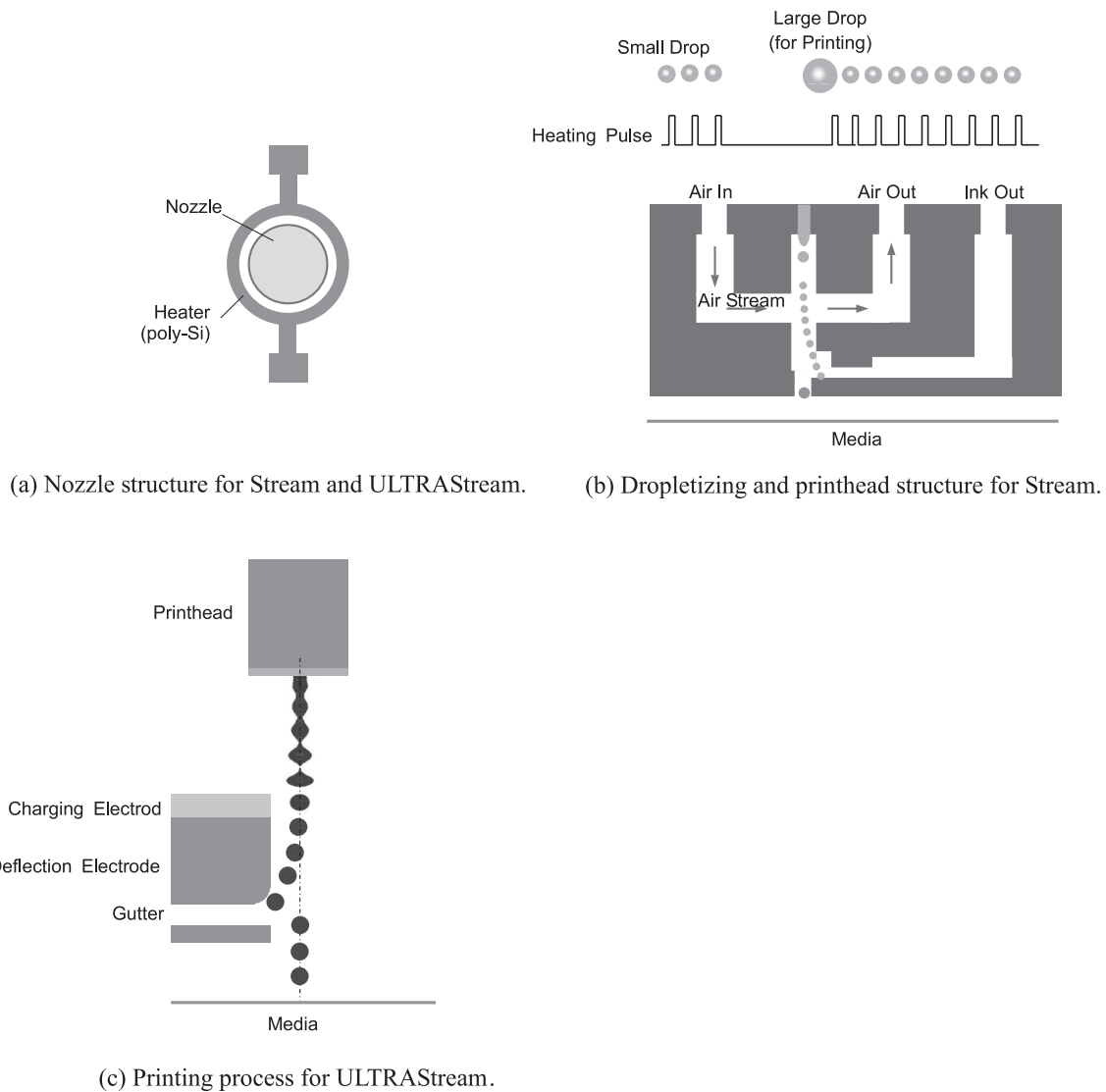


Fig. 4 Stream and ULTRASream.

く、これまではインク設計や、インク温度上昇により吐出させたい機能性液体をこれらの方式で許容される粘度範囲まで下げる必要があった。もちろんこれまでも高粘度に対応できる静電吸引方式や他の方式もあったが、生産性の低さ（ノズル数の少なさ）などにより実際の生産には使われていない。しかし高粘度液体の吐出、あるいは既存市場で使われている液体材料そのものを、高い生産性を保ったまま吐出したいという強い要望がある。

高粘度インクを吐出させるため圧力発生源をノズルに近づけ、圧力伝播効率を高めたプリントヘッドがいくつか発表されている。なかでもノズル板自体をピエゾで振動させインクを吐出させるプリントヘッドが発売されており¹⁷⁾、大粒子を含んだインクの吐出が可能であることも特徴としている。

またこれまでは高精細への対応として吐出インク滴の微小化がプリントヘッドの大きな進化トレンドの1つであったが、応用が多岐に渡る中、大滴を吐出させたいという要求もあり、一部のピエゾヘッドメーカーは大滴を吐出できるプリントヘッドを品揃えに追加し（最大 200 nl）、また一部の用途のみで使わ

れていたバルブタイプによる新しい商品も大滴を吐出できる装置として販売されている。

2.4 メディア技術

最終的に画像やパターンが形成されるメディア（基板）の技術進化は、直接画質を高める効果を持つだけでなく、インクがメディアに着弾するまでの過程に関与するプリントヘッドやシステム、あるいはインクが負う課題を低減させる可能性も持つ。

産業市場、プロダクション市場への挑戦における課題のひとつに、既存メディアへの対応を挙げた。もし非浸透メディアではなく、インクジェット適性のあるメディアが使用できれば、よりシンプルなプロセスでこれらの市場に挑戦できるかもしれない⁴⁾。高速インクジェットプリントに耐えうるインク吸収性を持ったオフセット印刷コート紙ライクなメディアが開発され¹⁸⁾、市場に投入されている。流通するメディアを制御するのは過去の歴史が証明するように非常に難しいが、それを可能にする1つの解は同等の品質保証はもちろんのこと、メディアのコストを下げることである。オフセット印刷コート紙ライクな

メディアでは、塗工材料にオフセット印刷用紙で使われている材料を可能な限り使うなど、コストの低下にも努めている。

メディアの界面改質にも多様な技術アプローチがとられる様になってきた。にじみやブリーディング防止のためにインク着弾前のメディアに色材凝集のための反応液を塗布する、いわゆる2液反応技術は厳密には界面改質とは言えないが、古くから検討され導入されている技術である。当初は普通紙での耐水性付与やにじみ防止の目的で採用されてきたが、反応液塗布にコストがかかることから現在はパーソナルプリンタやオフィスプリンタでは使われておらず、産業用プリンタ、プロダクション用プリンタで非浸透メディア上の一次インク固定技術として使われている⁹⁾。2液反応技術の普通紙におけるアプローチは、紙に顔料凝集材を含ませたメディアに代わってきており、例えば2009年頃から海外で流通しているColorLok[®]がある。

デジタルファブ리케이션では、非浸透性基板上でのパターンにドット移動やパターンが結合する、いわゆるバルジやブリーディングなどが発生し、狙いとりの形状が得られない問題がある。この問題の解決方法として基板表面エネルギーを制御してパターンニングを行う試みがある。紫外線を照射することにより親水性（表面エネルギー高）に変化するポリイミドや¹⁹⁾、近年では紫外線照射で親水性に変わる塗布材料も開発されており、親水化された領域のみにインク、機能性液体をパターンニングすることが出来るようになってきている。

3. 技術進化の方向性

ここまでこの10年に登場した技術進化（導入技術）と市場変化の関係を解説した。本章ではこの10年でより明確になったインクジェット技術の進化形態と方向性をマクロな視点でまとめてみる。

2008年以前はパーソナルプリンタ、オフィスプリンタに代表されるように、主に紙メディア（浸透メディア）をプリント対象としてインクジェット技術は進化を遂げてきた。そこでは画像形成をインクとメディアの相互作用のみに依存するシンプルなプリントプロセスを活かし、プリントヘッド、インク、メディアといった主要構成要素の性能を向上させることでプリンタシステム全体の性能を向上させてきた。これを機能集中型進化（機能集中型マーキング）として紹介してきた（Fig. 5）⁴⁾。例えばプリントヘッドを例にとればインク滴の微小化やノズル解像度向上がプリンタの高画質化につながり、駆動周波数向上、ノズル数増加がプリント速度の高速化に貢献した。

しかしプリンタ性能（プリント速度、紙メディア画質）向上を支えてきたこれら主要構成要素の性能進化が2005年頃に鈍化し始めた⁴⁾。また、インクジェット技術の適用対象が商業印刷市場、産業プリンタ市場に向かったとき、これまでとは異なる非浸透メディア上での画像（パターン）形成や、高い生産性に応えるためのラインヘッドの採用と従来アナログ印刷並みの高画質との両立という高い課題に挑む必要が生じ、これらに対応する技術進化が求められてきた。そしてこれらの要求や高いハードルを越えるため、主要構成要素の性能向上のみならず、課題対応を周辺技術に分担させる機能分担型進化（機能分担型マーキング）が始まった（Fig. 5）^{4,20)}。

メディアに直接インクを着弾させてプリントするのではなく、転写手段（ドラム、ベルト）上に画像を形成し、最終メディアに転写するプロセスは、メディア対応性が高い技術として過去何度もトライされてきたが、主流にはなっていない。ここにきてプロダクション市場向けに転写型を採用するプリンタも見られるようになってきた。転写型、直接型の違いだけでなく、プロダクションプリンタでは水性インクと紫外線硬化型インクの採用も分かれ、さらに水性インクもインクのみでプリントするプリンタと、2液反応技術をメディア上での一次固定技術として採用するプリンタに分かれている。このようにプロダクション市場における機能分担型進化では、いわゆるドミナントデザインはまだ固まっておらず、この先当分決まるとも思えない²⁰⁾。

一方、インクジェット技術の適用市場として、Printed ElectronicsやAdditive Manufacturing（3Dプリンタ）などの「ものづくり」へ応用するデジタルファブ리케이션がある。ここでは機能性液体（インク）のさらなる高性能化（高機能化）や、その液体を安定して吐出するためのプリントヘッドの性能向上が求められている。これは機能集中型の進化といえる。しかしここで求められる基本構成要素の進化軸は、かつての機能集中型の進化軸（速度と画質）とは必ずしも一致しない。さきほど述べた高粘度液体の吐出、大滴吐出、あるいはさらなる微小滴化、強酸性や強アルカリ性液体への対応などがこの市場での進化軸となる。またこれまで以上にインクジェットメーカー以外のプレイヤーがプリントヘッドを扱うため、プリントヘッドの扱いやすさ（駆動波形の最適化や性能維持の容易性）なども求められるだろう。

デジタルファブ리케이션でのインクジェットによるパターンニングを、例えば従来からのフォトリソグラフィーと比較し、材料のむだがない、常温・常圧環境でのパターンニングが可能、マスクレス（オンデマンド）、基板自由度が高いことから2000年代初期は「あれもできます、これもできます」と夢のパターンニング技術のように考えられ、多くの応用分野が提案された。その後詳細な検討が進んでいくと、「あれもこれも出来るためには」といった課題抽出が始まった。そして現在、そして今後は2.4節で紹介したようにわざわざ紫外線で基板表面エネルギーを制御した後にインクジェットでパターンニングを行ったり、またデバイス作成の全てのプロセスをインクジェットで行うのではなく、スクリーン印刷やナノインプリントなどそれぞれのプロセスに適したパターンニング方法やフォトリソグラフィーと

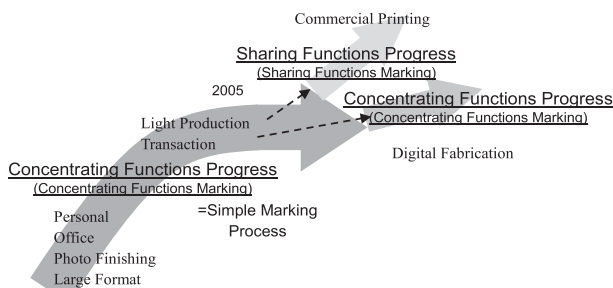


Fig. 5 Directions of ink jet technology evolution.

の組み合わせなどが試行されている。また考案された全てのアプリケーションが市場に導入されるのではなく（プロセスや応用において）「これなら出来ます」といったステージに入っていると考えられる²⁰⁾。

4. この先のインクジェット技術進化と 技術コミュニティ

シンプルなプリンティングプロセスを活かした機能集中型進化であっても、様々な周辺技術を採用、活用する機能分担型進化においても、これまで以上にインクジェット技術者同士のコミュニケーションが重要になると考える。今後のインクジェット応用の広がり、これまでインクジェット技術開発やノウハウ蓄積で主体的な役割を果たしてきたいわゆるインクジェットメーカーからの参入によるものもあるだろう。しかしこの市場をより活性化するためには、市場に従来から存在してきたプレイヤーや新規プレイヤーによるインクジェットによる参入が起こるべきであり、実際始まっている。インクジェットメーカーでないこれらのプレイヤーにとって、インクジェット技術やノウハウをいかに早期に獲得するかが参入のための大きなかぎになっている。ここを乗り越えられないために、素晴らしい応用コンセプトや高機能材料を持ちながら参入を断念するところも出てきている。

もちろんインクジェットメーカーは過去、莫大なりリソースや時間をかけて獲得、蓄積した全ての技術やノウハウを市場活性化のためとはいえ無条件で新規参入者に公開、移転できるものではない。しかし、2章で述べたように縮小を始めているパーソナルプリンタ市場などでは差別化に有効とならない技術、インクジェットメーカーにとっては囲い、隠すべきでない当たり前の技術、いわゆる「枯れた技術」は新規参入を促し、市場を活性化するために移転、ライセンス供与を積極的に行うべきであり、その基点となるのがインクジェット技術コミュニティだと考えている。

技術コミュニティでそれぞれが保有する知識や経験などを、コミュニティ参加者全てが同じレベルで共有する必要はない。誰がどのような経験を持っているか、あるいは何が専門分野かさえ知っていること、いわゆるトランザクティブ・メモリーが重要であり、このトランザクティブ・メモリーの共有こそが技術コミュニティが果たすべき役割である。

また、新規参入者の多くは周囲にインクジェットの知見や経験を持つ人がいないため、担当者が独自でインクジェット技術獲得の道を切り開いていかなければならない場合も多い。技術コミュニティで挑戦する仲間と交われば、そんな孤独感、切迫感からの開放にもつながる。これは2017年にインクジェット技術交流会を設立した大きな理由の1つである。

今後の技術の進化そのものを論じる事も重要であるが、進化を支える技術者の置かれる環境を変えていくことが市場を動かすような価値ある技術進化を起こすためには必要だと考える。

5. 10年前の展望レビューと今後

最後に2008年の解説記事²⁾で展望した今後のインクジェット技術進展を、10年後の今、レビューしてみたい。

2008年に今後のインクジェット技術進展として、筆者の願いも込めて以下に示す3つの方向性を示した。1つ目は家庭やオフィスにある身近なインクジェットプリンタの活用促進、2つ目は画質・速度の軸以外の性能、仕様への要求の高まり、そして3つ目はシステムとしての技術進化への期待である。

残念ながらパーソナルプリンタの市場は今も縮小傾向にある。10年前、パーソナルプリンタ活用の条件としてプリンタメーカーからのライフスタイルやオフィス環境における位置付けを考えた新機能や、ライフスタイルの変化を先取りする機能の提案を期待した。この10年、各社新しい用途提案とともにプリント数増加を狙ってフリー画像データの提供や、便利な機能の実装を行ってきたが、残念ながら市場の縮小を止める動きにはなっていない。今後も著者のこの展望の実現は難しいのかもしれない。

2008年の解説記事ではまだインクジェット技術進化を機能集中型、機能分担型という2つの形態に基づいた説明は行っていない。しかし画質・速度の以外の軸が要求されるといった展望は、例えば本稿のデジタルファブリケーションへの応用で説明したとおりである。ここでは過去の進化形態と同じ機能集中型ではあるが、新しい性能軸が求められおり、インクジェット技術もそれに応えている。また、システムとしての技術進化はまさにプロダクション市場などへの挑戦で起きている機能分担型進化のことであり、これもまた現在のインクジェット技術進化の中で重要な進化形態となっている。

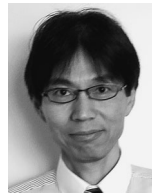
この先10年後でもインクジェット技術について間違いないことは、2008年の定義¹⁾に基づくインクジェット技術は、引き続き様々な応用、市場において価値を提供し続けており、新たな価値を生む技術として応用検討が行われていることである。

さらにその先のインクジェットの技術進化については漠然とした表現ではあるが、以下に示すような大きな変化が起こることを期待している。それは現在定義されている技術の枠組みやポジション、その妥当性、例えば連続噴射型やオンデマンドといった方式分類や、ここで説明した機能集中型や機能分担型といった進化形態がいつかは意味をなさなくなる日が来るということである。逆に言えばいつまでも現在の定義や妥当性で説明できるような技術の状態が続くようでは、社会を変えるイノベータティブな大きな進化、変化は起きていないということである。すでに従来のオンデマンド型と連続噴射型のハイブリッドな方式も提案されている²¹⁾。その進化、変化を起こす研究開発に今後も関わって行きたいと思う。

参考文献

- 1) M. Fujii, Ink Jet, Tokyo Denki University Press (2008), p. 19 [in Japanese].
- 2) M. Fujii, Journal of the Imaging Society of Japan, **47**, pp. 241-250 (2008) [in Japanese].
- 3) M. Fujii, Journal of the Imaging Society of Japan, **49**, pp. 399-403 (2010) [in Japanese].
- 4) M. Fujii, K. Takemoto, H. Okura, S. Okada, H. Eguchi, M. Takada, K. Nakajima, and H. Takeuchi, Journal of the Imaging Society of Japan, **51**, pp. 148-164 (2012) [in Japanese].
- 5) M. Fujii, Journal of the Imaging Society of Japan, **55**, pp. 538-

- 540 (2016) [in Japanese].
- 6) M. Obata, "Development of the 23 "x29.5," Sheet-Fed Inkjet Press KM-1", Proceeding of IS & T NIP30 (2014), pp. 372-374.
 - 7) K. Araki, et al, "UV Inkjet Ink System Development for Flexible Packages", Proceeding of Imaging Conference Japan 2016 (2016), pp. 99-100 [in Japanese].
 - 8) H. Iijima, et al, "Newly Developed UV-Curable Inkjet Technology for Forming High Quality Image with High Productivity," Proceeding of Imaging Conference Japan 2017 (2017), pp. 61-64 [in Japanese].
 - 9) H. Doumaux, "Greener Ink Technology for Wide and Super-Wide Inkjet Printing", Proceeding of IS & T NIP24 (2008), pp. 849-852 [in Japanese].
 - 10) S. Tasumi, Journal of the Imaging Society of Japan, **51**, pp. 392-398 (2012) [in Japanese].
 - 11) T. Tanaka, Journal of the Imaging Society of Japan, **55**, pp. 563-571 (2016) [in Japanese].
 - 12) D. Tatsumi, "A White Streaks Reduction Method by Error Diffusion," Proceeding of Imaging Conference Japan 2007 (2007), A24 [in Japanese].
 - 13) S. Hirakata, "Improvement of jetting reliability against ink viscosity increase by installation of an ink circulation path," Proceeding of PPIC 2008 (2008), pp. 200-203.
 - 14) T. Wada, et al, "Evaluation of Ejecting Drops on PIJ Head by Using Mahalanobis Distance," Proceeding of Imaging Conference Japan 2007 (2007), A21 [in Japanese].
 - 15) N. Hata, Journal of Printing Science and Technology, **46**, pp. 77-83 (2009) [in Japanese].
 - 16) R.D. Vandagriff, "Ulstream, Kodak's 4th Generation Inkjet Technology", The Proceeding of The 13th IT Conference (2015).
 - 17) P.J. Brown, "Recent Developments in Moving Nozzle Inkjet Printhead Technology," Proceeding of IS & T NIP31 (2015), pp. 66-68.
 - 18) M. Nagoshi, "Development of Coated Paper (SWORD iJET) for Production inkjet Printer," Proceeding of Imaging Conference Japan 2014 Fall Meeting (2014), a-3 [in Japanese].
 - 19) T. Tano, "Novel Fine Electrode Patterning Using Ink-Jet Method and Its Application to All-Printed Organic TFT Backplane," Proceeding of IS & T DF2009 (2009), pp. 634-631.
 - 20) M. Fujii, Introduction to Ink Jet Technology, R & D Support Center (2012), pp. 131 [in Japanese].
 - 21) C. Ellinger, "Captive Continuous Inkjet," Proceeding of IS & T NIP29 (2013), pp. 286-291.



藤井 雅彦

1985年山口大学大学院理学研究科（応用物理）修了。1985年富士ゼロックス（株）に入社。同年から連続噴射型インクジェットプリンタのインク滴飛翔制御の研究に従事。1989年より研究、技術開発、商品開発部門でサーマルインクジェットプリントヘッドの研究・開発に従事。現在、マーケティング技術研究所にて、インクジェットシステム技術の研究、3Dプリンタ含むインクジェット技術応用に関する研究に従事。2016年に新しい3DデータフォーマットFAVを慶応義塾大学と共同で発表。日本画像学会理事、インクジェット技術部会主査、DF技術部会委員、国際交流委員会委員長、A²F（Advanced Additive Manufacturing）タスクフォースリーダー、IS & T NIP31（2015）General Chair, Tokyo Chapter Director, inkcube.org代表。慶応義塾大学SFC研究所上席所員。